

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-312464

(P2000-312464A)

(43) 公開日 平成12年11月7日 (2000.11.7)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

H 0 2 K 41/02

H 0 2 K 41/02

Z 5 H 6 4 1

B 2 3 Q 5/28

B 2 3 Q 5/28

B

H 0 2 K 41/03

H 0 2 K 41/03

A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平11-117950

(22) 出願日

平成11年4月26日 (1999.4.26)

(71) 出願人 000149066

オークマ株式会社

愛知県名古屋市中区辻町1丁目32番地

(71) 出願人 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72) 発明者 小松 利晃

愛知県丹羽郡大口町下小口5丁目25番地の

1 オークマ株式会社大口工場内

(74) 代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外2名)

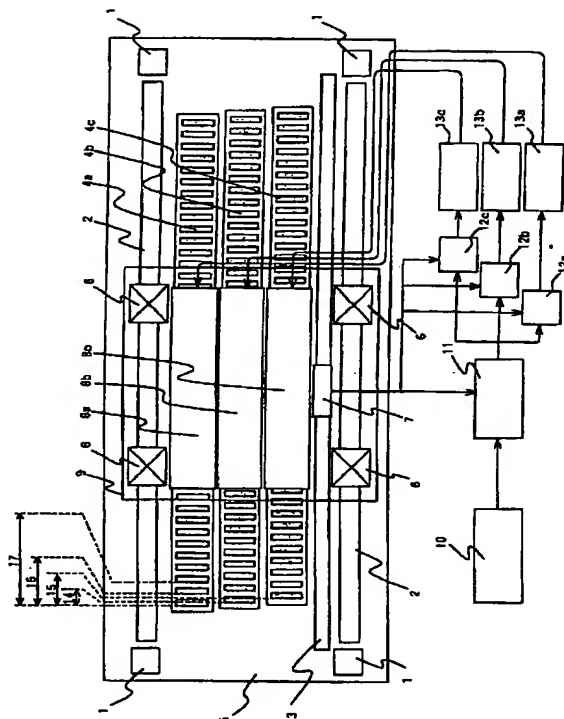
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合リニアモータ

(57) 【要約】

【課題】 工作機械の送り駆動装置の駆動源にリニアモータを用いる場合、リニアモータの持つコギング推力が加工精度に悪影響を与える。

【解決手段】 工作機械の移動テーブル9に3組のリニアモータ可動子8a、8b、8cを固定し、一方ベース5に3組のリニアモータ固定子4a、4b、4cを固定し、3組のリニアモータによって移動テーブル9を並列駆動する。各リニアモータ固定子4a、4b、4cのベース5への固定位相を電気角で60度ずつずらし、コギング推力を平準化する。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のリニアモータを同時に並列運転して移動体を駆動する複合リニアモータにおいて、複数のリニアモータを i 組にグループ分けし、各組ごとに固定子又は可動子の設定位相をモータ電気角で $360^\circ/2 \times i$ 度ずらして配置したことを特徴とする複合リニアモータ。

【請求項2】請求項1記載の複合リニアモータにおいて、

移動体の移動位置を検出する単一の位置検出器と、

各組のリニアモータごとに設けられた電流分配演算部と、

を含み、各電流分配演算部は、前記位置検出器の位置情報と各リニアモータのずれ角度に基づき、対応するリニアモータに最適な通電電流を演算することを特徴とする複合リニアモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は複数台のリニアモータを並列運転させた複合リニアモータ、例えば工作機械の移動テーブル等を駆動するための複合リニアモータに関する。

【0002】

【従来の技術】工作機械の移動テーブルを駆動するための従来の複合リニアモータを図4に示す。

【0003】ここで、工作機械における主軸、刃物台などを取り付けるためのテーブルを移動テーブルと定義する。

【0004】本従来技術は、複合リニアモータの例として、3台のリニアモータを並列運転させる装置を示している。

【0005】この従来装置は可動ストローク制限用のテーブルストップ1、リニアガイドレール2、位置検出器3、リニアモータ固定子4a、4b、4cが固定されたベース5と、リニアガイド6、位置検出器読取部7、リニアモータ可動子8a、8b、8cが取り付けられた移動テーブル9から構成される工作機械部と、NC装置10、サーボ制御部11、電流分配演算部12、電流増幅器13a、13b、13cから成るNC制御部により構成される。但し、移動テーブル下部取付け部品の説明のため移動テーブル9を透視図としている。

【0006】また、本従来技術例では、固定子、可動子が各々磁石と巻線で構成されるリニアモータを3台採用しているが、これ以外の組み合わせ、例えば、巻線と磁石、巻線と巻線で構成されるリニアモータを採用することもできる。

【0007】ここで、移動テーブル9の送り制御は、位置指令を指令するNC装置10、この位置指令と位置検出器読取部7からの現在位置により電流指令を演算するサーボ制御部11、この現在位置に基づきモータ各相の

2

電流分配指令を前記電流指令より演算する電流分配演算部12、この電流分配指令により前記リニアモータ可動子8a、8b、8cに流す各相の電流を電流増幅器13a、13b、13cにより作り出すことにより行われる。

【0008】また、この従来技術の例では3台のリニアモータを並列運転しているが、より大きな推力が要求される場合には、4台目以降のリニアモータを増設することも可能な構成となっている。具体的には、4台目のリニアモータに該当するリニアモータ固定子、リニアモータ可動子、電流増幅器を追加することで、容易に高推力テーブル送り機構を実現できる構成である。

【0009】いずれの場合においても、この従来装置では、単一の移動テーブル9を複数のリニアモータによって駆動することができ、このために複数のリニアモータは同時に並列運転される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】工作機械の送り駆動装置の駆動源にリニアモータを用いる場合、リニアモータの持つコギング推力が加工精度に影響し、特に、高精度、高精度加工の場合には、コギング推力をできるだけ抑制することが要求される。但し、ここで言うコギング推力とは、ロータリーモータにおけるコギングトルクに相当するものである。

【0011】しかしながら一般に、リニアモータは、その構造上有限なストロークを持ち、回転型モータの様に環状に可動子を配置することができず、必ず両端が存在するためコギング推力の抑制には限界があるという欠点を持っている。

【0012】特に、高推力を得るために前述の従来技術に従い複数台のリニアモータを並列で運転すると、各リニアモータのコギング推力位相が一致するためリニアモータの台数に比例してコギング推力が大きくなるという課題があった。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記従来の課題を解決するために、複数のリニアモータを同時に並列運転して移動体を駆動する複合リニアモータにおいて、複数のリニアモータを i 組にグループ分けし、各組ごとに固定子又は可動子の設定位相をモータ電気角で $360^\circ/2 \times i$ 度ずらして配置したことを特徴とする。

【0014】また、本発明にかかる複合リニアモータは、移動体の移動位置を検出する単一の位置検出器と、各組のリニアモータごとに設けられた電流分配演算部とを含み、各電流分配演算部は、前記位置検出器の位置検出情報と各リニアモータのずれ角度に基づき、対応するリニアモータに最適な通電電流を演算することを特徴とする。

【0015】さらに、本発明は、移動体を直線移動させる案内手段とN(Nは自然数)台のリニアモータを組み

(3)

3

合わせたリニアモータ駆動装置のN台のリニアモータをj (jは自然数) 台、i (i ≥ 2の自然数) 組、のグループに分け、N = i × j という関係を成立させ、i 組からなるグループ内のk (kは自然数、但し1 ≤ k ≤ i) *

$$\psi(k) = 360 \times (k-1) / (2 \times i) \text{ (度)} \dots\dots\dots (1)$$

この(1)式で算出されたずれ角度ψ(k)分、各リニアモータのモータ電気角をずらして組み込む事で、各リニアモータのコギング推力をトータルで相殺させ課題の解消を行う。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態を図1、2に示す。

【0018】本実施形態は、従来技術にて説明した3台のリニアモータからなる工作機械の移動テーブル駆動装置に本発明を適用したものであり、移動テーブルストローク制限用のテーブルストッパ1、リニアガイドレール2、位置検出器3、リニアモータ固定子4a、4b、4cが固定されたベース5と、リニアガイド6、位置検出器読取部7、リニアモータ可動子8a、8b、8cが取※

$$\psi(k) = 60 \times (k-1) \text{ (度)} \dots\dots\dots (1-1)$$

が得られ、k=1は第一リニアモータ、k=2は第二リニアモータ、k=3は第三リニアモータをそれぞれ表し、各々0度、60度、120度と求められる。

【0021】また、グループに分けたリニアモータの組数iと各リニアモータのずれ角度ψ(k)についての関係を以下に示す。

【0022】1) i=2の場合

ψ(1)=0(度)、ψ(2)=90(度)

2) i=3の場合

ψ(1)=0(度)、ψ(2)=60(度)、ψ(3)=120(度)

3) i=4の場合

ψ(1)=0(度)、ψ(2)=45(度)、ψ(3)=90(度)、ψ(4)=135(度)

以下、i=nの場合の一般式は、

$$\psi(1)=0 \text{ (度)} \dots \psi(k) = 360 \times (k-1) / (2 \times n) \text{ (度)} \dots \psi(n) = 360 \times (n-1) / (2 \times n) \text{ (度)}$$

但し、1 ≤ k ≤ nとする。

【0023】よって、リニアモータの総台数N=6の場合、i=2でj=3、i=3でj=2、i=6でj=1という3種類の実現方法が存在することが分かる。

【0024】本実施形態である、図1においては、固定子の取付位置をずらし上記ずれ角度を作り出しており、第一リニアモータの固定子取付位置から見て第二リニアモータの固定子は、モータ電気角60度に相当する図1の区間14に、第三リニアモータの固定子は、モータ電気角120度の相当する区間15に相当する位置に固定している。尚、図1中の区間16は、リニアモータの磁極ピッチの相当する距離、区間17は、リニアモータの

4

* 組目のリニアモータを、k=1とにおいて求められる第一組目のリニアモータのモータ電気角に対するずれ角度ψ(k)を以下の式で定める。

【0016】

※り付けられた移動テーブル9から構成される工作機械部と、NC装置10、サーボ制御部11、電流分配演算部として示されたサーボ駆動部12a、12b、12cから成るNC制御部により構成される。本実施の形態では、固定子、可動子が各々磁石と巻線で構成されるリニアモータを3台採用しているが、これ以外の組み合わせ、例えば、巻線と磁石、巻線と巻線で構成されるリニアモータについても同様に構成できる。

【0019】次に、本発明における各リニアモータの設定位相ずれについて説明する。

【0020】図1の実施形態における3台のリニアモータにおいて、N=3、i=3、j=1として前述した(1)式を用いると、

モータ電気角1周期に相当する距離を表す。

【0025】尚、上述した固定子をずらす方法以外に、可動子をずらす方法、可動子/固定子共にずらす方法があるが基本原理は同じである。

【0026】図2は、本実施形態のリニアモータ駆動装置を移動テーブル中央から切断した断面図であり、図1で示した構成要素の位置関係を表している。

【0027】図3は、本実施形態で使したリニアモータのコギング推力波形を示す図である。ここで、リニアモータのコギング推力は、磁石ピッチを1周期とした周期性のある波形であり、モータ電気角の関数として表すことができ、図中の縦軸は推力、横軸はリニアモータの位置によるモータ電気角度を示している。

【0028】また、上記リニアモータの固定子の具体的な取付寸法は、図1において仮に磁極ピッチ距離16を30mmとすると、モータ電気角1周期に相当する距離17が60mmとなる。これより、第一リニアモータ、第二リニアモータの固定子間距離は、前記(1)式で求められたモータ電気角60度に相当する10mm、第一リニアモータ、第三リニアモータの固定子間距離は、モータ電気角120度に相当する20mmとなり、各々10mm、20mmずらして組付けることで3台のリニアモータ間で、コギング推力が相殺されコギング推力特性が改善される。

【0029】次に上記実施形態における通電電流の制御について説明する。複数台のリニアモータを1つのNC装置10を用いて制御する場合、図4の従来技術のように1つの電流分配演算部12で演算した電流指令を各モータ用の電流増幅器13a~13cに与えると、前述のコギング推力を改善するためリニアモータ毎にモータ電

(4)

5
気角をずらしたため、3台中2台のリニアモータには、最適通電電流が流れずモータ推力が低下し、総推力が低下するという問題が発生する。

【0030】ここで、リニアモータの通電電流に対する*

$$F = \cos \theta \dots \dots \dots (2)$$

上述した3台のリニアモータに通電する通電電流を第二リニアモータのモータ電気角に一致させ(2)式を使って、全体のリニアモータ推力 F_a を計算すると、

$$F_a = F_1 + F_2 + F_3$$

$$= \cos(-60) + \cos(0) + \cos(60) \quad 10$$

$$= 0.5 + 1 + 0.5$$

$$= 2$$

ここで、

F_1 : 第一リニアモータの推力

F_2 : 第二リニアモータの推力

F_3 : 第三リニアモータの推力

を表す。

【0032】つまり、3台のリニアモータに同一通電電流を流した場合、全体の推力 F_a は、リニアモータ2台に相当する推力しか得られないことになる。

【0033】よって、図1の本実施形態における移動テーブル9の送り制御は、位置指令を指令するNC装置10、この位置指令と位置検出器読取部7からの現在位置により電流指令を演算するサーボ制御部11、予めリニアモータのモータ電気角のずれ角度を設定し、設定されたずれ角度と前記現在位置に従いモータ各相の電流分配指令の演算を行う3台の電流分配演算部12a、12b、12cを各リニアモータ毎に設け、この電流分配指令により3台のリニアモータ可動子8a、8b、8cに流すモータ各相の電流を電流増幅器13a、13b、13cにより作り出すことで行われる。

【0034】

【発明の効果】1台のリニアモータが持つコギング推力を複数台のリニアモータを異なる設定位相で組み合わせることで、コギング推力を大幅に低減でき、高精度加工が可能になる。

【0035】また、本発明で使用する可動子と固定子を

6
* モータ電気角のずれを θ (度)とし、ずれが無い場合の推力を1とし正規化した推力 F ($0 \leq R \leq 1$)で表すと以下の様になる。

【0031】

一組としたリニアモータは、複数台組み合わせて効果が得られるので、リニアモータ単体に特別な磁石配置や巻線構造を採用する必要が無いと、製造しやすいものとなり、生産性、コスト的に大変有利となる。さらに本発明を用いることにより、各モータに専用の位置検出器を用意することなく、1つの位置検出器を使用した駆動装置においても複数台のモータの合計推力を低下させないという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明を3台のリニアモータからなる複合リニアモータに適用した実施形態における工作機械の移動テーブル上面から見た機構部構成と制御部ブロックを表す図である。

20 【図2】 図1における機構部構成を側面から見た断面を表す図である。

【図3】 1台のリニアモータのコギング推力波形を表す図である。

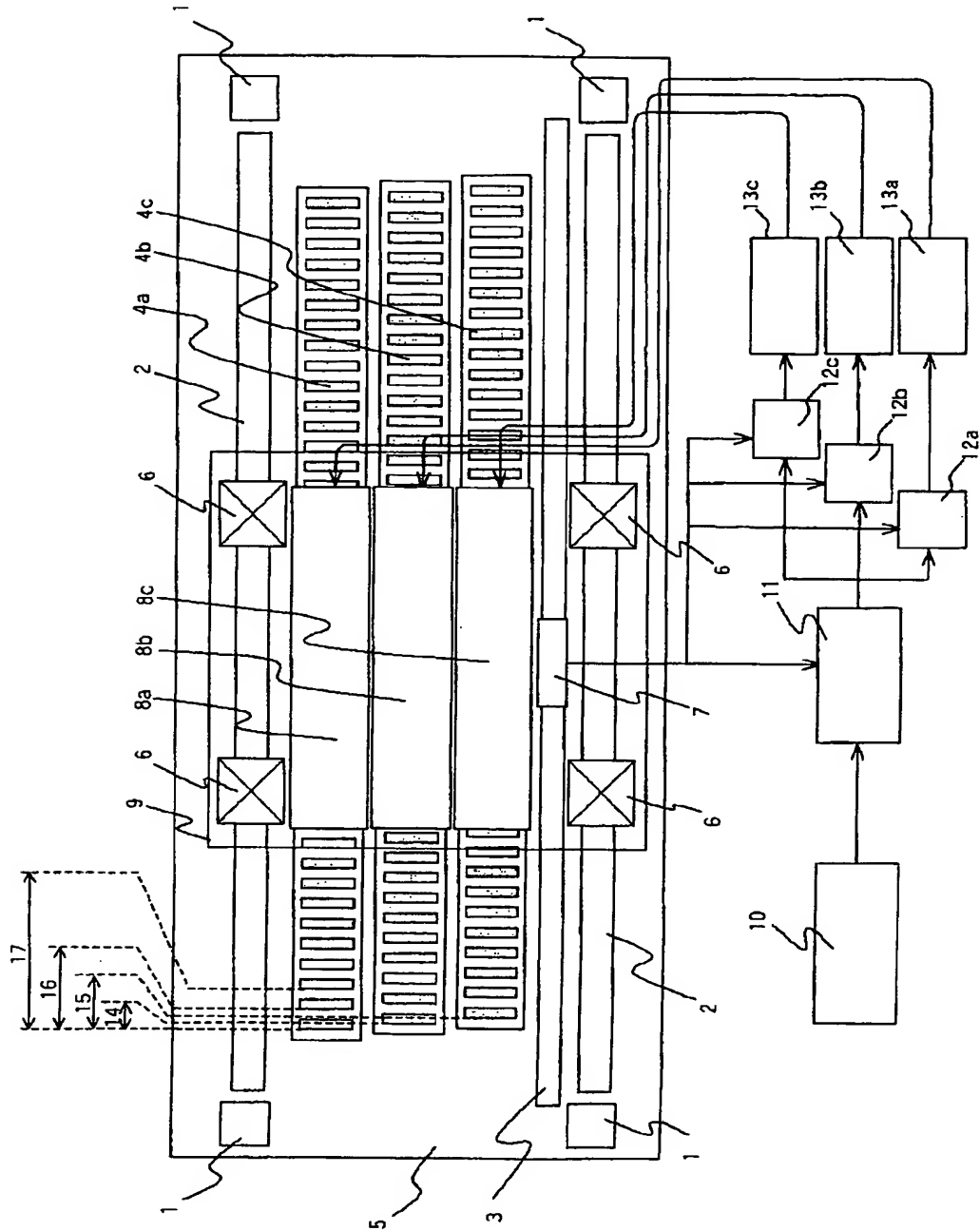
【図4】 従来技術における、3台のリニアモータを用いた複合リニアモータの移動テーブル上面から見た機構部構成と制御部ブロックを表す図である。

【符号の説明】

1 テーブルストップ、2 リニアガイドレール、3 位置検出器、4a、4b、4c リニアモータ固定子、5 ベース、7 位置検出器読取部、8a、8b、8c リニアモータ可動子、9 移動テーブル、10 NC装置、11 サーボ制御部、12a、12b、12c 電流分配演算部、14 第二リニアモータのずらし量(モータ電気角60度に相当する距離)、15 第三リニアモータのずらし量(モータ電気角120度に相当する距離)、16 リニアモータ磁極ピッチ(モータ電気角180度に相当する距離)、17 リニアモータのモータ電気角1周期、360度に相当する距離。

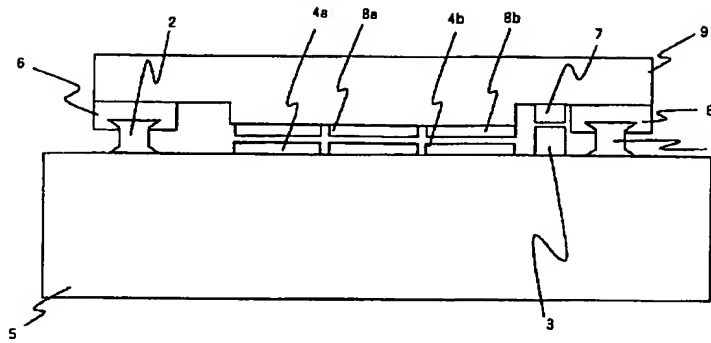
(5)

【図1】

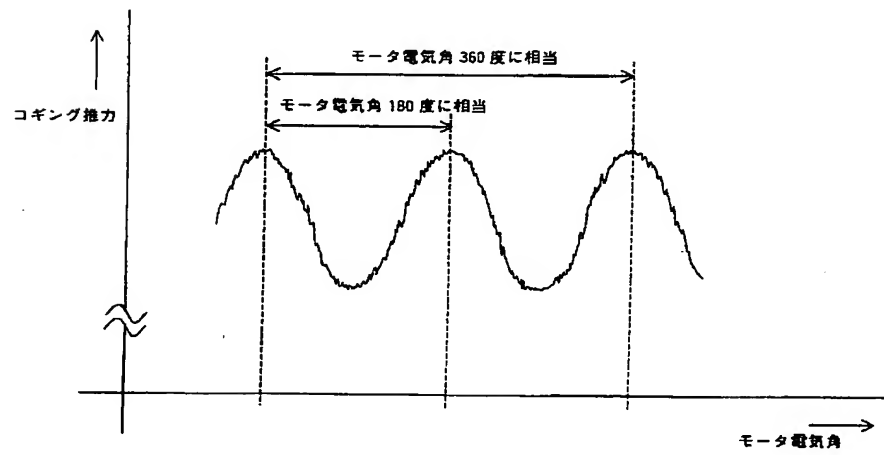


(6)

【図2】

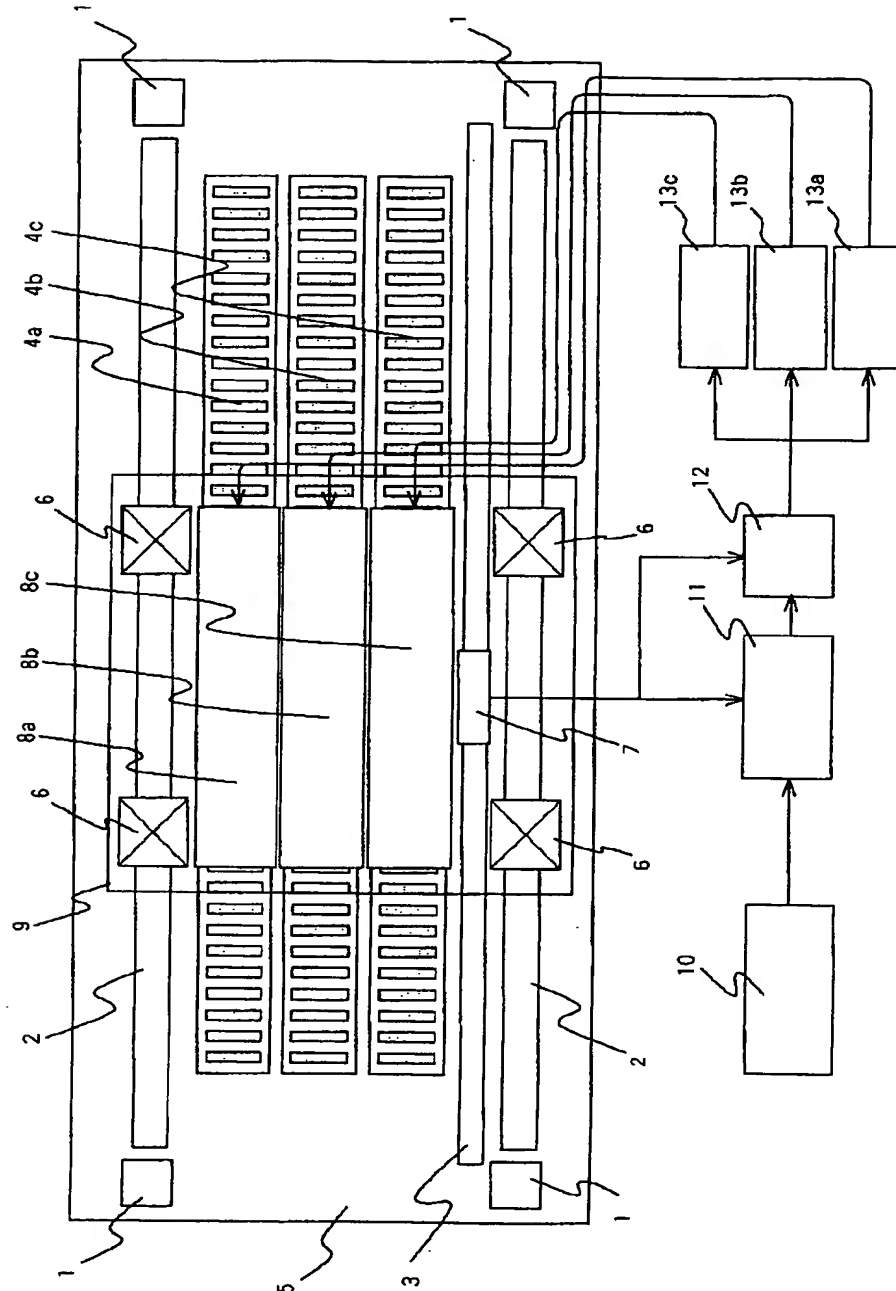


【図3】



(7)

【図4】



フロントページの続き

(72) 発明者 江場 浩二
愛知県丹羽郡大口町下小口5丁目25番地の
1 オークマ株式会社大口工場内
(72) 発明者 北河 勝義
愛知県丹羽郡大口町下小口5丁目25番地の
1 オークマ株式会社大口工場内

(72) 発明者 宮本 恭祐
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
株式会社安川電機内
(72) 発明者 長瀬 喬
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
株式会社安川電機内

(8)

Fターム(参考) 5H641 BB03 BB06 BB16 BB18 BB19
GG02 GG03 HH02 HH03 HH04
JA09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.